

Расчетный минералогический состав клинкеров
на основе техногенных отходов предприятий Урала

Наименование клинкера	Количество минералов, %				
	$3(\text{CF}) \cdot \text{CS}$	$\text{C}_2\text{F} \cdot \text{CS}$	$\text{C}_3\text{A}_3 \cdot \text{CS}$	C_2S	C_4AF
Сульфоферритный быстротвердеющий	17-91	-	0,6-14	5-57	-
Сульфоферритный расширяющийся	-	24-93	0,7-13	3-52	-
Сульфоалюминатный	-	-	55-84	4-33	2-4

По результатам выполненной работы можно сделать вывод о том, что исследованные техногенные отходы химических, металлургических и горнопромышленных предприятий Урала имеют сбалансированный химический состав и могут быть использованы в составе сырьевой смеси высоко- и низкожелезистых сульфоферритных клинкеров, а также высокоосновного сульфоалюминатного клинкера, синтез и исследования свойств которых являются предметом наших дальнейших исследований.

УДК 621.547:66-912

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУХА И ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

USAGE EFFICIENCY OF THE AIR AND THE DISPERSE ENVIRONMENT AS HEAT-CARRIERS

Василевский Н. С., Ильина Т. А., Королев В. Н.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, n_vasilevskiy@list.ru

Vasilevskiy N. S., Ilina T. A., Korolev V. N.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе проведена оценка эффективности воздуха и дисперсной среды (псевдооживленного слоя) по интенсивности теплообмена при одинаковых затратах энергии на перемещение теплоносителей.

Abstract: The estimation of the air and the disperse environment (fluidized bed) in the heat exchange intensity with identical energy expenses on a heat-carriers transportation is carried out in the work.

Ключевые слова: псевдооживленный слой; воздух; теплообмен.

Key words: *fluidized bed; air; heat transfer.*

В теплообменных аппаратах самым распространенным теплоносителем наряду с водой является воздух. Основным недостатком воздуха, как промежуточного теплоносителя, является низкий коэффициент теплопроводности и как следствие этого невысокая интенсивность процесса теплоотдачи. Если в поток газа добавить твердые частицы, например песок, корунд или частицы других материалов, а скорость газа при этом будет превышать скорость витания частицы, тогда эта дисперсная среда будет называться псевдооживленным слоем. Эффективная теплопроводность развитого псевдооживленного слоя соответствует теплопроводности хороших металлических проводников [1], поэтому и интенсивность процесса внешнего теплообмена в псевдооживленных средах достаточно высокая.

Целью данной работы как раз является оценка эффективности воздуха и дисперсной среды (псевдооживленного слоя) как промежуточных теплоносителей в теплообменных аппаратах по интенсивности теплообмена и затратам энергии на перемещение теплоносителей.

В качестве объекта исследования рассматривался процесс теплоотдачи при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы чистым воздухом, а также псевдооживленной средой частиц стекла (плотность 2440 кг/м^3). Псевдооживленный слой создавался в аппарате квадратного сечения $0,1 \times 0,1 \text{ м}$, состоящей из дутьевой камеры с газораспределительным устройством, в качестве которого использовалась перфорированная решетка живым сечением $9,82 \%$ (оптимальное с точки зрения сопротивления при продувке зернистого слоя [2]). На решетку насыпался слой стеклянных частиц эквивалентным диаметром $0,5 \text{ мм}$, высотой $0,1 \text{ м}$. Опытным путем была определена порозность ($0,345$) и плотность насыпного слоя (1598 кг/м^3), а также скорость начала псевдооживления ($0,17 \text{ м/с}$). Ожижающим агентом служил воздух.

Исследовалась интенсивность процесса теплоотдачи от горизонтально расположенного в псевдооживленном слое (на высоте $0,06 \text{ м}$ от газораспределительной решетки) цилиндра диаметром 35 мм . В таблице показаны величины коэффициентов теплоотдачи в зависимости от скорости фильтрации воздуха. При изменении скорости фильтрации ω от $0,255 \text{ м/с}$ до $0,425 \text{ м/с}$ величина коэффициента теплоотдачи α в псевдооживленном слое возрастала от 175 до $288 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$. Расчеты, выполненные нами по известным формулам теплоотдачи при поперечном обтекании одиночной трубы потоком чистого воздуха [3], показали, что при скоростях воздуха, равных скорости его фильтрации в псевдооживленном слое, значения коэффициентов теплоотдачи не превышали $11 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$.

Однако эффективность теплоносителя оценивать только по величинам коэффициентов теплоотдачи, получаемым при одинаковых скоростях движения теплоносителей, не совсем правильно. Сравнение необходимо вести при одинаковых затратах энергии на прокачку теплоносителей.

В опытах при продувке дисперсной среды фиксировались потери напора (Δp). Сохраняя величины потери напора, но уже без частиц, через решетку прокачивался чистый воздух и определялся коэффициент теплоотдачи. Зная Δp , рассчитывалась скорость воздуха на выходе из отверстий решетки $\omega = \frac{2 \cdot \Delta p}{\xi_m \cdot \rho}$. Значения скоростей воздуха и коэффициентов теплоотдачи приведены в таблице.

Эффективность использования воздуха и дисперсной среды при одинаковых затратах энергии

Псевдооживленный слой		Воздух	
ω , м/с	α , Вт/(м ² К)	ω , м/с	α , Вт/(м ² К)
0,255	175	12	291
0,289	223	15	343
0,340	240	16	432
0,425	288	18	459

Как следует из таблицы, при одинаковых затратах энергии на прокачку теплоносителей величины коэффициентов теплоотдачи при использовании воздуха примерно в 1,6 раза выше, чем в псевдооживленном слое. Интенсификация теплообмена происходит за счет струй, которые ударяясь о поверхность тела, уменьшают толщину и увеличивают турбулентность теплового пограничного слоя.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при струйном теплообмене на чистом воздухе можно добиться большего эффекта, чем при использовании дисперсной среды при одинаковых затратах мощности на прокачку теплоносителей. Так как дисперсная среда создает повышенный абразивный износ оборудования, то, используя чистый воздух, можно значительно увеличить ресурс использования оборудования.

Список использованных источников

1. Аэров М. Э., Тодес О. М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. Л. : Химия, Ленинградское отделение, 1968. 512 с.
2. Красных В. Ю., Королев В. Н. Оптимизация энергетических затрат на образование псевдооживленного слоя при сохранении высокой интенсивности внешнего теплообмена // Промышленная энергетика. 2006. № 12. С. 30-33.
3. Королев В. Н. Тепломассообмен: учебное пособие / В. Н. Королев. 2-е изд., испр. и доп. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 250 с.